

Štandardy: MOLEKULOVÁ FYZIKA A TERMODYNAMIKA

Základné poznatky z termiky a termodynamiky

Obsah

Kinetická teória látok. Modely štruktúr látok v rôznych skupenstvách. Vnútna energia telesa a spôsoby jej zmeny. Tepelná kapacita telesa. Hmotnostná tepelná kapacita. Termodynamická sústava, rovnovážny stav a dej, izolovaná sústava, termodynamická teplota. Prvý termodynamický zákon.

Požiadavky na vedomosti a zručnosti

3.1 Vysvetliť pomocou kinetickej teórie látok rozdielne a rovnaké vlastnosti pevných látok, kvapalín a plynov.

- Opíšte alebo navrhnete pokusy na potvrdenie neustáleho neusporiadaného pohybu častíc v látkach a vzájomného silového pôsobenia medzi časticami.
- V ktorej látke (plynnej, kvapalnej, pevnej) je absolútna hodnota celkovej potenciálnej energie sústavy častíc rádovo porovnateľná s ich celkovou kinetickou energiou? Ako je to v ostatných látkach? Vysvetlite.
- Odpovede na otázky z predchádzajúcej úlohy využite na vysvetlenie spoločných a rozdielných vlastností plyných, kvapalných a pevných látok.

3.2 Charakterizovať vnútornú energiu telesa, vysvetliť spôsoby jej zmien.

- Opíšte niektoré javy, ktoré potvrdzujú, že molekuly majú kinetickú a potenciálnu energiu.
- Aké druhy energie má guľôčka, ktorá sa pohybuje po naklonenej rovine zrýchleným pohybom? Závisí vnútorná energia guľôčky od jej pohybového stavu? Vysvetlite.
- Povedzte príklady dejov, pri ktorých sa mení vnútorná energia telesa a) tepelnou výmenou a b) konaním práce. Čo majú oba deje spoločné? Čím sa odlišujú? Aký je rozdiel medzi pojmami teplo, práca, vnútorná energia? Prečo môžeme tieto veličiny vyjadriť v sústave SI v rovnakých jednotkách?
- Pomocou sústruhu sa dajú zvrátať rúrky trením. Jedna rúrka je upevnená, druhá sa otáča a pritláča k prvej. Po zohriatí a spojení rúrok sa sústruh zastaví. Vysvetlite fyzikálnu podstatu tohto deja.
- Opíšte, ako prebieha výmena tepla pri meraní teploty telesa a) keď je teleso teplejšie ako teplomer, b) keď je teleso chladnejšie ako teplomer.
- Vzduch sa pri vykurovaní bytu ohrieva. Ohrieva sa aj pri stlačení piestom vo valci vznetrového motora. V ktorom prípade možno povedať, že vzduch prijal teplo? Vysvetlite.

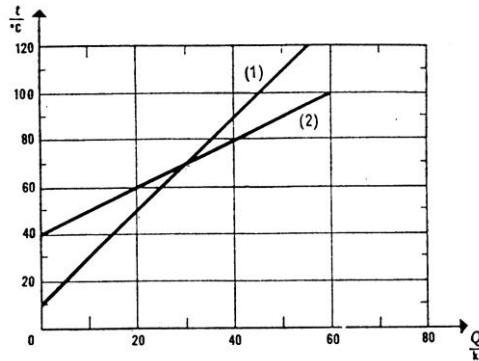
3.3 Určiť v jednoduchých prípadoch zmenu vnútornej energie telesa.

- Voda s hmotnosťou m_1 a teplotou t_1 má vnútornú energiu U_1 . Akú vnútornú energiu U_2 bude mať voda s hmotnosťou $m_2 = 2 m_1$ a teplotou $t_2 = t_1$? Vysvetlite, zovšeobecnite.
- Tenisová loptička s hmotnosťou 50 g, ktorá padala voľným pádom z výšky 1,0 m, vyskočila po odraze od podložky do výšky 0,60 m. Vysvetlite tento dej z hľadiska zachovania energie a určte pri tomto deji celkovú zmenu vnútornej energie loptičky a podložky.
- Strela s hmotnosťou 20 g, ktorá sa pohybuje rýchlosťou $400 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, preletí nehybnou drevenou doskou vodorovným smerom a zníži pritom svoju rýchlosť na $100 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Určte: a) úbytok kinetickej energie strely, b) prírastok vnútornej energie strely a drevenej prekážky, c) prácu, ktorú vykonala strela pri prerazení dreva.

3.4 Rozlíšiť veličiny tepelná kapacita telesa a hmotnostná tepelná kapacita, použiť ich pri riešení úloh.

- Na obr. 10 sú grafy závislosti zmeny teploty dvoch telies s rovnakou hmotnosťou od množstva prijatého tepla. Ktoré teleso musí prijať viac tepla, aby sa jeho teplota zvýšila o $20\text{ }^{\circ}\text{C}$? Ktoré teleso má väčšiu tepelnú kapacitu? Ktoré teleso má väčšiu hmotnostnú tepelnú kapacitu?



obr.10

- Oceľový predmet má tepelnú kapacitu $1,5\text{ kJ}\cdot\text{K}^{-1}$. Ako sa zmení jeho teplota, ak a) prijme teplo 25 kJ , b) odovzdá teplo $0,45\text{ MJ}$?
- Kvapalina s hmotnosťou 650 g prijatím tepla $20,88\text{ kJ}$ zvýšila svoju teplotu z $18,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ na $35,0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Určte hmotnostnú tepelnú kapacitu kvapaliny a odhadnite, aká je to kvapalina. Správnosť odhadu si overte v MFCHT.
- Vypočítajte, za aký čas sa zohreje ponorným varičom voda potrebná na uvarenie šálky čaju, ak objem zohrievanej vody je 150 cm^3 , jej začiatková teplota $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ a výsledná teplota $100\text{ }^{\circ}\text{C}$. Príkion variča je 500 W a účinnosť 95% . Čo je ekonomickejšie: zohrievať malé množstvo vody ponorným varičom, alebo zohrievať vodu zospodu varičom? Odpoveď vysvetlite.

3.5 Zostaviť pre konkrétny prípad kalorimetrickú rovnicu, použiť ju pri riešení úloh.

- Oceľový predmet s hmotnosťou $0,9\text{ kg}$ a teplotou $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ bol vložený do vody s hmotnosťou $2,5\text{ kg}$ a teplotou $15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Aká bude teplota predmetu a vody po dosiahnutí rovnovážneho stavu? Predpokladajte, že tepelná výmena nastala len medzi predmetom a vodou. Hmotnostná tepelná kapacita ocele je $452\text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$, vody $4\,180\text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$.
- Vo vani je voda s objemom 220 l a teplotou $65\text{ }^{\circ}\text{C}$. Určte hmotnosť vody s teplotou $14\text{ }^{\circ}\text{C}$, ktorú prilejeme, keď chceme, aby výsledná teplota vody vo vani bola $45\text{ }^{\circ}\text{C}$. Tepelnú výmenu medzi vodou a okolím zanedbajte.
- V kalorimetri s tepelnou kapacitou $63\text{ J}\cdot\text{K}^{-1}$ je olej s hmotnosťou 250 g a teplotou $12\text{ }^{\circ}\text{C}$. Do oleja ponoríme medený valček s hmotnosťou 500 g a teplotou $100\text{ }^{\circ}\text{C}$. Výsledná teplota sústavy po dosiahnutí rovnovážneho stavu je $33\text{ }^{\circ}\text{C}$. Určte hmotnostnú tepelnú kapacitu použitého oleja.

3.6 Navrhnuť a realizovať meranie hmotnostnej tepelnej kapacity telesa pomocou zmiešavacieho kalorimetra.

3.7 Vysvetliť pojmy termodynamická sústava, izolovaná sústava, rovnovážny stav termodynamickkej sústavy.

- Povedzte príklady termodynamických sústav a vždy uvážte, ktoré veličiny opisujú ich stav.
- Povedzte príklady vytvorenia rovnovážneho stavu rôznych termodynamických sústav.
- Ako zistíte, či voda a ľad v izolovanej nádobe sú v rovnovážnom stave?
- Ak rozdelíme teleso v rovnovážnom stave na dve časti, je aj každá časť telesa v rovnovážnom stave, obe časti majú rovnakú teplotu. Platí to aj naopak? Povedzte príklady.
- Vysvetlite princíp tepelnej izolácie pri termoske.

3.8 Použiť teplotné stupnice termodynamickú a Celziovu; vysvetliť a použiť vzťah medzi jednotkami kelvin a stupeň Celzia.

- Teplota telesa sa zvýšila zo začiatkovej hodnoty 25,8 °C na konečnú hodnotu 64,8 °C. Vyjadrite začiatkovú a konečnú teplotu v kelvinoch. Vyjadrite v kelvinoch rozdiel konečnej a začiatkovej teploty.
- V čom sa odlišujú zápisy $T = 100 \text{ K}$ a $\Delta T = 100 \text{ K}$? Vyjadrite obidva zápisy v stupňoch Celzia.

3.9 Vysvetliť prvý termodynamický zákon, uviesť príklady jeho platnosti v praxi, aplikovať ho pri riešení úloh.

- Povedzte príklady zmeny vnútornej energie sústavy súčasným konaním práce a tepelnou výmenou. Vyjadrite tieto zmeny s použitím prvého termodynamického zákona.
- Môže plyn prijať teplo 3 kJ a vykonať prácu 3,5 kJ? Ako sa pritom zmení vnútorná energia plynu? Ako sa prejaví zmena vnútornej energie plynu? Napíšte pre tento dej prvý termodynamický zákon.

Stavba a vlastnosti látok

Obsah

Jednoduché deje s ideálnym plynom. Stavová rovnica ideálneho plynu. Práca plynu. Kruhový dej, účinnosť. Druhý termodynamický zákon. Kryštalické a amorfné látky. Deformácia pevného telesa, Hookov zákon. Teplotná dĺžková a objemová rozťažnosť pevných a kvapalných látok. Povrchové napätie kvapalín, kapilarita. Skupenské premeny látok. Nasýtená a prehriata para.

Požiadavky na vedomosti a zručnosti

3.10 Vysvetliť priebeh izotermického, izochorického a izobarického deja, znázorniť ho v p,V diagrame.

- S použitím modelu ideálneho plynu vysvetlite: Ako sa zmení tlak plynu so stálou hmotnosťou, ak sa jeho objem pri stálej teplote zmenší? Ako sa zmení tlak plynu, ak sa jeho teplota pri stálom objeme zväčší? Ako sa zmení objem plynu, ak sa jeho teplota pri stálom tlaku zväčší?
- Znázornite izotermický, izochorický a izobarický dej s ideálnym plynom v diagramoch p, V a porovnajte ich. Určte z diagramov prácu vykonanú plynom.

3.11 Použiť rôzne tvary stavovej rovnice ideálneho plynu (pre istú hmotnosť plynu a počet molekúl plynu).

- Zostavte stavovú rovnicu v tvare, v ktorom by ste ju použili, keby ste mali určiť objem kyslíka O_2 s hmotnosťou m pri teplote t a tlaku p .
- Ideálny plyn v nádobe s vnútorným objemom 2 l má teplotu 20 °C a tlak $0,2\text{ MPa}$. Vypočítajte počet molekúl plynu v nádobe. Na základe čoho sa dá zistiť, o aký plyn ide?
- Navrhните a riešte s použitím stavovej rovnice úlohy, v ktorých sa daný stav ideálneho plynu nemení.

3.12 Riešiť pomocou stavovej rovnice jednoduché úlohy na zmenu stavu ideálneho plynu.

- Pri tlaku 10^5 Pa a teplote 15 °C má vzduch objem $2,0 \cdot 10^{-3}\text{ m}^3$. Aký bude tlak vzduchu, ak sa jeho objem zväčší na $4,0 \cdot 10^{-3}\text{ m}^3$ a teplota sa zvýši na 20 °C ?
- Ako sa zmení objem ideálneho plynu, ak sa jeho termodynamická teplota zvýši $1,5$ krát a tlak sa zmenší na polovicu?
- Hustota plynu pri teplote T_1 a tlaku p_1 je ρ_1 . Akú hustotu ρ_2 má tento plyn pri teplote T_2 a tlaku p_2 ?

3.13 Opísať zmeny energie pri izotermickom, izobarickom a izochorickom deji s ideálnym plynom s použitím prvého termodynamického zákona.

- Rozhodnite, pri ktorom deji s ideálnym plynom so stálou hmotnosťou teplo prijaté ideálnym plynom sa rovná a) práci, ktorú plyn vykoná, b) prírastku vnútornej energie plynu, c) súčtu prírastku vnútornej energie plynu a práce, ktorú vykoná.

3.14 Opísať kruhový dej, určiť účinnosť, vysvetliť druhý termodynamický zákon.

- Znázornite v p, V diagrame príklad kruhového deja s ideálnym plynom. Uvedte pre každý dej podmienky, za ktorých prebieha. Určte prácu pri jednotlivých dejoch. Znázornite celkovú prácu plynu, ktorá sa vykoná pri jednom kruhovom deji. Určte účinnosť kruhového deja.
- Rozhodnite, ktoré deje s ideálnym plynom nie sú možné z hľadiska druhého termodynamického zákona. Využite tento zákon na vysvetlenie, prečo nie je možné zostrojiteľ perpetuum mobile druhého druhu.

3.15 Rozlíšiť pružnú a nepružnú deformáciu telesa.

- Povedzte príklady pružnej a nepružnej deformácie.
- Určte v konkrétnom prípade druh jednoduchej deformácie pevného telesa.
- Opíšte s použitím kinetickej teórie vznik síl pružnosti v telese, ktoré je pružne deformované tlakom (ťahom).
- Navrhните a urobte pokus na zistenie medze pevnosti rôznych druhov nite alebo lanka.
- Zistite, či sa pretrhne železný drôt s priemerom 2 mm , ak je napínaný silou 1 kN . Medza pevnosti železa je 314 MPa .
- Vypočítajte normálové napätie v ocelovom drôte, ktorý je deformovaný ťahom silami s veľkosťou $0,35\text{ kN}$. Drôt má polomer $0,43\text{ mm}$.
- Určte najväčšiu dĺžku voľne zaveseného ocelového drôtu.

3.16 Formulovať Hookov zákon, aplikovať ho pri riešení úloh.

- Ako sa zmení absolútne a relatívne predĺženie ocelového drôtu, ak sa zväčší ťahová sila 2 -krát, dĺžka drôtu 3 -krát a obsah prierezu drôtu 4 -krát?
- Určte predĺženie ocelevej struny gitary pri pružnej deformácii ťahom, ak pôvodná dĺžka struny bola $9,0\text{ m}$, priemer struny je $0,8\text{ mm}$ a na strunu pôsobila ťahová sila s veľkosťou $0,15\text{ kN}$. Modul pružnosti v ťahu použitej ocele je $0,21\text{ TPa}$.

- Hliníkový drôt s pôvodnou dĺžkou 4,2 m a priemerom 1,1 mm sa pôsobením ťahových síl s veľkosťou 0,23 kN predĺžil o 15,2 mm. Za predpokladu, že ide o pružnú deformáciu ťahom, vypočítajte modul pružnosti v ťahu hliníka.

3.17 Potvrdiť jednoduchými experimentmi a príkladmi z praxe teplotnú rozťažnosť látok, vysvetliť fyzikálny význam súčiniteľa teplotnej rozťažnosti.

- Navrhnete jednoduchý pokus na potvrdenie teplotnej rozťažnosti (dĺžkovej, objemovej) pevných látok a kvapalín.
- Prečo sa drôty telefónneho alebo elektrického vedenia nechávajú pri zavesovaní v lete previsnuté? Zmení sa rovnováha na citlivých váhach, ak jedno rameno zohrejete? Zmení sa potenciálna energia medenej gule ležiacej na stole, keď ju zohrejete? Budú sa rozmery tyče a rúrky s rovnakou dĺžkou a priemerom a z rovnakého materiálu meniť pri zahrievaní rovnako? Odpovede zdôvodnite.
- Vyhľadajte v MFCHT súčinitele teplotnej dĺžkovej rozťažnosti zinku a železa. Rozhodnite, ktorý z uvedených kovov má väčšiu dĺžkovú rozťažnosť.
- Vysvetlite princíp bimetalového teplomera.

3.18 Vypočítať teplotnú dĺžkovú a objemovú rozťažnosť telesa z pevnej látky.

- Železné potrubie parného vedenia má pri teplote 20 °C dĺžku 45 m. Ako sa potrubie predĺži, keď ním prúdi para s teplotou 450 °C? Súčiniteľ teplotnej dĺžkovej rozťažnosti železa je $1,2 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$. Čo treba urobiť, aby sa parné vedenie nenarušilo?
- Mramorový kváder má pri teplote 0 °C objem 900 cm^3 . Aký objem bude mať pri teplote 40 °C? Súčiniteľ teplotnej dĺžkovej rozťažnosti mramoru je $8,5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$. Zmení sa zahriatím hustota mramoru? Odpoveď zdôvodnite.

3.19 Opísať a vysvetliť vlastnosti povrchovej vrstvy kvapaliny.

- Prečo sa povrchová vrstva kvapaliny správa ako tenká pružná blana? Povedzte príklady, vysvetlite.
- Prečo molekuly v povrchovej vrstve kvapaliny majú väčšiu potenciálnu energiu ako molekuly vnútri kvapaliny? Ako možno povrchovú energiu kvapaliny zväčšiť?
- Prečo voľné kvapky majú približne guľový tvar?
- Prečo sa dve kvapky ortute po priblížení spoja a utvoria jednu kvapku? Kedy bude mať táto kvapka približne guľový tvar?
- Prečo je v mydlovej bubline v porovnaní s atmosférickým tlakom väčší tlak vzduchu?
- Prečo sa pri odkvapkovaní vody z kapiláry tvoria väčšie kvapky ako pri odkvapkovaní liehu z kapiláry s rovnakým priemerom a pri rovnakej teplote?

3.20 Opísať a vysvetliť jav kapilárnej elevácie a depresie.

- Vysvetlite kvalitatívne zakrivenie povrchu kvapaliny pri stenách nádoby a v kapilárach a vznik kapilárnej elevácie a depresie.
- Prečo voda vzlína do povrchových vrstiev pôdy? Prečo pri zlej izolácii vlnú steny domov? Prečo krieda položená na mokrá špongiu vlhne, ale suchá špongia položená na mokrá kriedu nie? Vysvetlite. Povedzte ďalšie príklady kapilárnych javov v praxi.

3.21 Navrhnuť a realizovať metódu merania povrchového napätia kvapaliny.

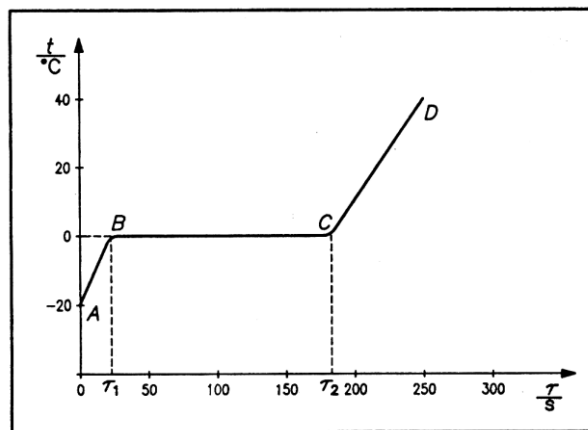
- Ktoré veličiny potrebujete odmerať pri určovaní povrchového napätia kvapaliny z kapilárnej elevácie? Ako ich odmeriate?
- Vymenujte možné zdroje chýb merania a uvážte spôsob, ako chyby znížiť.

3.22 Opísať jednotlivé zmeny skupenstva látok, vysvetliť ich z hľadiska kinetickej teórie.

- Opíšte zmeny skupenstva látok s použitím pojmov dodané (odovzdané) teplo, skupenské teplo, hmotnostné skupenské teplo.
- Z hľadiska kinetickej teórie látok vysvetlite: Prečo sa teplota látky pri jej topení alebo tuhnutí nemení? Prečo vznik pary pri vyparovaní je sprevádzaný poklesom teploty, ale vznik pary pri vare nastáva pri konštantnej teplote? Prečo rýchlosť vyparovania závisí od druhu kvapaliny, obsahu jej voľného povrchu a od spôsobu odstraňovania pár nad kvapalinou?
- Čo sa stane, ak do nádoby s vodou s teplotou $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ nasypeme rozdrvený ľad s rovnakou teplotou?
- Ak necháme uzavretú fľašu plnú vody na mraze, vznikajúci ľad fľašu roztrhne. Odkiaľ sa zobrala energia potrebná na roztrhnutie fľaše, keď pri tuhnutí vody sa energia odovzdáva?
- Prečo môže voda vriieť aj pri nižšej teplote ako je $100\text{ }^{\circ}\text{C}$?

3.23 Vysvetliť a porovnať priebeh topenia a tuhnutia kryštalickej a amorfnej látky.

- Na obr. 11 je znázornený časový priebeh teploty telesa s hmotnosťou m , ktoré nepretržite rovnomerne prijímalo teplo. Opíšte a vysvetlite priebeh jednotlivých častí AB, BC, CD grafu. Vyznačte do grafu časový priebeh teploty pri tuhnutí telesa.



obr.11

- Aký vplyv na teplotu topenia látky má zmena tlaku, prídanie prímiesí, ako sa mení pri topení hustota látky?
- Zistite experimentálne, či roztopený vosk svoj objem zväčšuje, alebo znižuje. Čo z toho vyplýva pre hustotu pevného a kvapalného vosku?
- Vysvetlite, prečo sa v tabuľkách neuvádza teplota topenia asfaltu, vosku alebo parafínu. Ako by pri týchto látkach vyzeral časový priebeh teploty pri prijímaní alebo odovzdávaní tepla?

3.24 Vypočítať teplo potrebné na skupenskú premenu látky.

- Vypočítajte s použitím údajov v MFCHT a) teplo, ktoré prijme pevné teleso s danou hmotnosťou, aby sa zmenilo na kvapalinu s rovnakou teplotou, b) teplo, ktoré je

potrebné na úplné vyparenie kvapaliny pri jej vare, c) celkové teplo, potrebné na roztopenie ľadu s danou hmotnosťou a teplotou nižšou ako $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ a na premenu vzniknutej vody na paru pri teplote $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ pri normálnom tlaku.

- Porovnajte s použitím MFCHT hmotnostné skupenské teploty topenia a hmotnostné skupenské teploty varu látok, zostavte podľa týchto charakteristík ich poradie a vysvetlite, čo z neho vyplýva pre prax.

3.25 Navrhnuť a realizovať postup merania hmotnostného skupenského tepla topenia tuhej látky.

- Ktoré veličiny potrebujete odmerať na určenie hmotnostného skupenského tepla topenia ľadu? Akým spôsobom ich odmeriate?
- Vymenujte možné zdroje chýb merania.

3.26 Načrtnúť krivku nasýtených pár, krivku topenia, sublimačnú krivku a vysvetliť pomocou nich zmeny skupenstva látok pri zmenách stavových veličín.

- Načrtnite do spoločného diagramu krivku nasýtených pár, krivku topenia a sublimačnú krivku. V diagrame znázorníte a vysvetlite tieto stavy: a) rovnovážny stav pevného a kvapalného skupenstva; b) prehriata para; c) rovnovážny stav pevného a plynného skupenstva; d) nasýtená para; e) kvapalina; f) rovnovážny stav medzi kvapalinou a jej nasýtenou parou; g) plynné skupenstvo.
- Opíšte deje, ktoré sú v diagrame znázornené prechodom (v oboch smeroch) po úsečke rovnobežnej a) s osou T a pretínajúcej krivku nasýtenej pary, b) s osou T a pretínajúcej sublimačnú krivku.